

Союз Советских  
Социалистических  
Республик



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 1000971

(61) Дополнительное к авт. свид-ву \_

(22) Заявлено 07.05.80 (21) 2922141/18-25

с присоединением заявки № \_

(51) М. Кл.<sup>3</sup>

G 01 V 1/24

(23) Приоритет \_

Опубликовано 28.02.83. Бюллетень № 8

Дата опубликования описания 28.02.83

(53) УДК 550.834  
(088.8)

(72) Автор  
изобретения

В. М. Ерунов

(71) Заявитель

Институт геологии и геофизики Сибирского отделения АН СССР

### (54) УСТРОЙСТВО РАСПОЗНАВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Изобретение относится к сейсмометрии и может быть использовано в автоматических телеметрических и автономных сейсмических станциях для управления их работой.

Производство сейсмических измерений сопряжено с получением больших объемов информации, что затрудняет и зачастую делает невозможной ее регистрацию на магнитные носители, передачу по каналам связи и обработку на ЭВМ. Для уменьшения объемов регистрируемой или передаваемой информации, ее подвергают предварительной обработке, заключающейся в выделении сейсмических сигналов землетрясений из общего потока сигналов, поступающих с выходных жазимов сейсмометров. Для управления операциями выделения используются различные устройства распознавания сейсмических сигналов.

Известно устройство амплитудного анализа для распознавания сейсмического сигнала. Устройство содержит схему оп-

ределения модуля входного сигнала, фильтр нижних частот, суммирующий усилитель, пороговый элемент и счетчик регулярности, соединенные в последовательную цепь, причем второй вход порогового элемента подключен к выходу схемы определения модуля входного сигнала [1].

Недостатками устройства являются зависимость коэффициента превышения порога амплитудной селекции над уровнем микросейсм от уровня микросейсмического шума и высокий относительный уровень наименьших распознаваемых сигналов, составляющий не менее 2-3 по отношению к уровню микросейсм.

Наиболее близким к предлагаемому техническим решением является устройство распознавания сейсмических сигналов, содержащее соединенные последовательно усилитель и полосовой фильтр сигнала вертикальной компоненты трехкомпонентного блока сейсмометров и соединенные последовательно пороговый элемент, блок взвешивания и счетчик регулярности.

ти, управляющий вход которого через блок контроля регулярности соединен с выходом порогового элемента [2].

Недостатком устройства является высокий относительный уровень наименьших распознаваемых сигналов, составляющих не менее 2-3 по отношению к уровню микросейсм.

Цель изобретения - повышение эффективности устройства путем снижения относительного уровня распознаваемых сейсмических сигналов.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство распознавания сейсмических сигналов, содержащее соединенные последовательно усилитель и полосовой фильтр сигнала вертикальной компоненты трехкомпонентного блока сейсмометров и соединенные последовательно пороговый элемент, блок взвешивания и счетчик регулярности, управляющий вход которого через блок контроля регулярности соединен с выходом порогового элемента, введены последовательно соединенные усилители и полосовые фильтры сигналов горизонтальных компонент и блок суммирования, между тремя входами которого и выходами полосовых фильтров сигналов всех компонент введены формирователи модулей компонент, а между выходом и четвертым входом блока суммирования введены соединенные последовательно компаратор, ключ и блок отслеживания уровня микросейсмических колебаний, второй выход которого подключен к первому входу порогового элемента, при этом второй вход последнего связан с выходом ключа, второй вход которого соединен с выходом блока суммирования, а также введен формирователь сигнального интервала, включенный между выходом счетчика регулярности и вторым входом блока отслеживания уровня микросейсмических колебаний, при этом второй вход формирователя сигнального интервала соединен с выходом блока контроля регулярности, а выход - с выходом устройства.

На фиг. 1 приведена функциональная схема устройства распознавания сейсмических сигналов; на фиг. 2 - функциональная схема формирователя сигнального интервала; на фиг. 3 - функциональная схема блока отслеживания микросейсм.

Функциональная схема предлагаемого устройства распознавания сейсмических сигналов (фиг. 1) содержит трехкомпонентный блок 1 сейсмометров, включающий одну вертикальную Z - компонен-

ту и две горизонтальных X- и Y-компоненты, усилитель 2, полосовой фильтр 3 и блок 4 формирования модуля Z - компоненты сейсмического сигнала, усилитель 5, полосовой фильтр 6 и блок 7 формирования модуля горизонтальных X-компоненты сигнала, усилитель 8, полосовой фильтр 9 и блок 10 формирования модуля горизонтальной Y-компоненты сигнала, блок 11 суммирования, ключ 12, компаратор 13, блок 14 отслеживания микросейсм, пороговый элемент 15, блок 16 взвешивания, счетчик 17 регулярности, блок 18 контроля регулярности и формирователь 19 сигнального интервала.

Формирователь 19 сигнального интервала может быть выполнен в соответствии с функциональной схемой (фиг. 2) и содержать инвертор 20, схемы 21 и 22 совпадения и RS-триггер 23. Вторым входом формирователя 19 соединен с входом R триггера 23 через схему 21 совпадения, второй вход которой соединен с первым входом формирователя 19 и с входом S триггера 23 через инвертор 20 и схему 22 совпадения, на второй вход которой поступают с достаточно высокой частотой  $f_c$  импульсы сброса.

Пример реализации блока 14 отслеживания микросейсм представлен на фиг. 3. Он содержит соединенные последовательно делитель 24 напряжения, один из входов которого соединен с первым входом блока 14, а второй - с источником компенсирующего напряжения  $U_k$ , ключ 25, управляющий вход которого соединен с вторым входом блока 14, интегратор 26, выход которого соединен с первым выходом блока, инвертирующий усилитель 27 и выходной делитель 28, выход которого соединен с вторым выходом блока 14.

Устройство работает следующим образом.

Трехкомпонентный блок 1 сейсмометров под воздействием микросейсмических колебаний и появляющихся на их фоне сейсмических сигналов землетрясений генерирует электрические сигналы, соответствующие Z-, X- и Y-компонентам сейсмического сигнала. Электрические сигналы с выходов Z, X и Y блока 1 через соответствующие усилители 2, 5 и 8 и полосовые фильтры 3, 6 и 9 поступают на входы блоков 4, 7 и 10 формирования модулей Z-, X- и Y-компонент

сейсмического сигнала. Выходные сигналы блоков 4, 7 и 10, соответствующие модулям компонент, поступают на входы блока 11 суммирования, на выходе которого формируется суммарный сигнал, приближенно соответствующий модулю трехкомпонентного сейсмического сигнала, воздействующего на блок 1.

Известно, что микросейсмические колебания представлены, в основном, рэлеевскими волнами. Рэлеевские волны обладают объемной эллиптической поляризацией, при которой модуль колебания изменяется незначительно, но постоянно меняется направление вектора отклонения, что приводит к несовпадению фаз колебаний различных компонент X, Y и Z. Сложение всех трех компонент микросейсм, поступающих на входы блока 11, происходит по закону Рэлея для суммы колебаний со случайным соотношением фаз

$$|\bar{A}_M| \approx |\bar{A}_{Mk}| \sqrt{3},$$

где  $|\bar{A}_M|$  — среднее значение модуля микросейсм;

$|\bar{A}_{Mk}|$  — среднее значение модулей компонент микросейсм.

Начальная группа колебаний сейсмического сигнала землетрясения представлена объемными волнами, обладающими линейной поляризацией, при короткой изменяется, в основном, модуль колебания. Следовательно, сложение компонент сигнала в блоке 11 происходит по алгебраическому закону

$$|A_c| \approx |\bar{A}_{ck}| \sqrt{3},$$

где  $A_c$  — модуль сигнала;

$|\bar{A}_{ck}|$  — среднее значение модулей компонент сигнала.

Улучшение соотношения сигнал/шум в этой первой части устройства равно

$$K_1 = \frac{|A_c|}{|\bar{A}_M|} \cdot \frac{|\bar{A}_{ck}|}{|\bar{A}_{Mk}|} = \frac{3|\bar{A}_{ck}||\bar{A}_{Mk}|}{\sqrt{3}|\bar{A}_{Mk}||\bar{A}_{ck}|} = \frac{3}{\sqrt{3}} = \sqrt{3}. \quad 45$$

Выходной сигнал блока 11 поступает на входы ключа 12 и компаратора 13. Компаратор 13 срабатывает при превышении входным напряжением уровня, заданного на его втором входе, выходной сигнал компаратора 13 поступает на управляющий вход ключа 12 и открывает его. С выхода ключа 12 сигнал поступает на второй вход порогового элемента 15 и первый вход блока 14 отслеживания микросейсм. Блок 14 формирует на первом выходе напряжение, соответствующее

среднему за определенный, например 5–20 мин, интервал времени уровню модуля микросейсм  $|M|$ , но имеющее противоположную полярность, которая поступает на четвертый вход блока 11 суммирования и вычитается из его выходного сигнала.

В случае

$$|A_M| = |\bar{M}| + S/A_M,$$

где  $|A_M|$  — модуль микросейсм;

$S/A_M$  — отклонение модуля микросейсм от среднего значения, соотношение между  $|\bar{M}|$  и  $S/A_M$  следующее.

Так как микросейсмические колебания обладают эллиптической поляризацией, близкой к круговой, то модуль микросейсм изменяется с течением времени относительно слабо и его отклонения от среднего меньше или, по крайней мере, равны среднему значению модуля:

$$S/A_M \approx |\bar{M}| \text{ и } S/A_M \leq 0,5/A_M.$$

Поэтому вычитание среднего значения модуля микросейсм из модуля сейсмического сигнала по крайней мере в два раза улучшит отношение сигнал/шум на выходе ключа 12. Улучшение отношения сигнал/шум во второй части устройства равно

$$K_2 = \frac{|A_c|}{S/A_M} \cdot \frac{|A_c|}{|\bar{M}| + S/A_M} = \frac{|\bar{M}|}{S/A_M} + 1/2, \quad 30$$

так как

$$S/A_M \leq |\bar{M}|.$$

Общее увеличение отношения сигнал/шум, обеспечиваемое устройством, составляет

$$K = K_1 \cdot K_2 / \sqrt{3} \cdot 2 \approx 3,4. \quad 35$$

На втором выходе блока 14 формируется напряжение, пропорциональное среднему значению модуля микросейсм  $|\bar{M}|$  и с полярностью, соответствующей полярности сигнала на первом входе блока 14. Это напряжение поступает на второй вход порогового элемента 15 и используется для задания порога срабатывания  $U_{пор}$  элемента 15 в зависимости от уровня микросейсм, и, следовательно, поддержания заданного отношения порогового уровня к уровню микросейсм.

Блок 14 отслеживания микросейсм (фиг. 3) работает следующим образом.

В рабочем режиме ключ 25 открыт нулевым потенциалом на втором входе блока 14. Входной сигнал, поступающий на первый вход блока 14 и являющийся некомпенсированной частью модуля микросейсм  $S/A_M$ , имеющий вид отдельных однополярных импульсов в форме отрезков синусоиды случайной амплитуды, через верхнее плечо делителя 24, и

ключ 25 поступает на вход интегратора 26. Одновременно через нижнее плечо делителя 24 и ключ 25 на вход интегратора 26 воздействует источник компенсирующего напряжения  $U_k$ , постоянный ток которого через делитель 24 нейтрализует (в среднем) импульсы тока источника входного сигнала. При появлении рассогласования токов интегратор 26 накапливает разностный сигнал и изменяет напряжение на первом выходе блока, которое используется в схеме устройства распознавания для компенсации уровня микросейсм. Выходное напряжение интегратора 26 поступает также через интегрирующий усилитель 27 и выходной делитель 28, служащий для задания коэффициента превышения распознаваемого сигнала над уровнем микросейсм, на второй выход блока 14.

В режиме хранения ключ 25 закрыт высоким потенциалом на втором входе блока 14, вход интегратора 26 отсоединен от первого входа блока 14 и на выходе интегратора 26 и, следовательно, на выходах блока 14 сохраняется величина напряжения, достигнутая к моменту закрытия ключа 25.

Импульсы с выхода порогового элемента 15 поступают на входы блока 18 контроля регулярности и блока 16 взвешивания. Блок 18 контроля регулярности при появлении на его входе переднего фронта импульса формирует выходной "предупреждающий" сигнал, посредством которого разрешает работу счетчика 17 регулярности и формирователя 19. Этот же сигнал поступает на первый выход устройства к регистратору. Блок 16 взвешивания формирует последовательности с числом импульсов, пропорциональным (с заданным коэффициентом), длительности входного импульса. Выходные импульсы блока 16 взвешивания поступают на счетный вход счетчика 17 регулярности, имеющего заданную емкость. Если выходные импульсы порогового элемента 15 порождены выбросом микросейсм, имеющим органичную длительность, то счетчик 17 регулярности не успевает заполниться и через заданное время после прохождения последнего импульса, например, через 0,5-1 с, снимается сигнал "Предупреждение" и на выходе блока 18, что приводит к сбросу счетчика 17 в состояние "0". Появление сейсмического сигнала, содержащего, например, четыре периода регулярных линейно-поляризованных ко-

лебаний, приводит к переполнению счетчика 17. Выходной импульс счетчика 17, формируемый при его переполнении, поступает на первый вход формирователя 19, на выходе которого в этот момент появляется сигнал "Подтверждение", поступающий на второй выход устройства к регистратору и на второй вход блока 14 отслеживания микросейсм, переводя его в режим хранения уровня. Во время работы в режиме хранения блок 14 не реагирует на изменение сигнала, поступающего на его первый вход и его выходные напряжения остаются неизменными до конца действия подтверждающего сигнала на втором входе блока, т.е. до окончания сигнала землетрясения.

Через заданное время после снятия входного импульса, например, через 0,5-1 с, на выходе блока 18 устанавливается нулевой потенциал. Это приводит к остановке и сбросу в состояние "0" счетчика 17 регулярности, снятию сигнала "Подтверждение" на выходе формирователя 19 и втором выходе устройства и переводу в рабочий режим блока 14 отслеживания микросейсм.

Формирователь 19 (фиг. 3) работает следующим образом.

В исходном состоянии на обоих входах поддерживается потенциал логического нуля, при этом схема 21 совпадения закрыта, схема 22 совпадения открыта через инвертор 20 и импульсы сброса  $\bar{S}$  поступают на вход  $S$  триггера 23, поддерживая на его выходе состояние "0". При появлении уровня логической "1" на первом входе схема 22 совпадения закрывается, а схема 21 совпадения открывается, но состояние выхода  $RS$  триггера 23 не меняется. Первый импульс, поступивший на второй вход формирователя 19, проходит через схему 21 совпадения и переводит выход  $RS$  триггера 23 в состояние "1"; последующие импульсы, поступающие на второй вход, не изменяют состояния триггера. После снятия логической "1" с первого входа формирователь 19 переходит в исходное состояние.

Устройство распознавания сейсмических сигналов позволяет снизить относительный уровень распознаваемых сигналов до отношения сигнал/микросейсм равного 0,6 - 0,9 по сравнению с 2-3, обеспечиваемым известным устройством.

Результаты испытаний подтвердили повышенную помехоустойчивость предла-

гаемого устройства и возможность распознавания слабых сигналов сейсмических событий, сравнимых с уровнем микросейсм.

Положительный эффект предлагаемого устройства состоит из возможности расширения области применения автоматических сейсмостанций. Производительность труда при использовании автоматических станций и использованием данного устройства возрастает в 10 раз по сравнению с непрерывной регистрацией. Устройство позволит расширить область применения автоматических станций в 2 раза.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство распознавания сейсмических сигналов, содержащее соединенные последовательно усилитель и полосовой фильтр сигнала вертикальной компоненты трехкомпонентного блока сейсмометров и соединенные последовательно пороговый элемент, блок взвешивания и счетчик регулярности, управляющий вход которого через блок контроля регулярности соединен с выходом порогового элемента, отличающееся тем, что с целью повышения эффективности устройства путем снижения относительного уровня распознаваемых сейсмических сигналов, в него введены последовательно соединенные усилители и поло-

совые фильтры сигналов горизонтальных компонент и блок суммирования, между тремя входами которого и выходами полосовых фильтров сигналов всех компонент введены формирователи модулей компонент, а между выходом и четвертым входом блока суммирования введены соединенные последовательно компаратор, ключ и блок отслеживания уровня микросейсмических колебаний, второй выход которого подключен к первому входу порогового элемента, при этом второй вход последнего связан с выходом ключа, второй вход которого соединен с выходом блока суммирования, а также введен формирователь сигнального интервала, включенный между выходом счетчика регулярности и вторым входом блока отслеживания уровня микросейсмических колебаний, при этом второй вход формирователя сигнального интервала соединен с выходом блока контроля регулярности, а выход - с выходом устройства.

#### Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Многоканальная станция цифровой регистрации типа. СЦР. Описание и инструкция по эксплуатации. М., ИФЗ АН СССР, 1973.

2. Авторское свидетельство СССР № 569978, кл. G 01 V 1/00, 1976 (прототип).

1000971

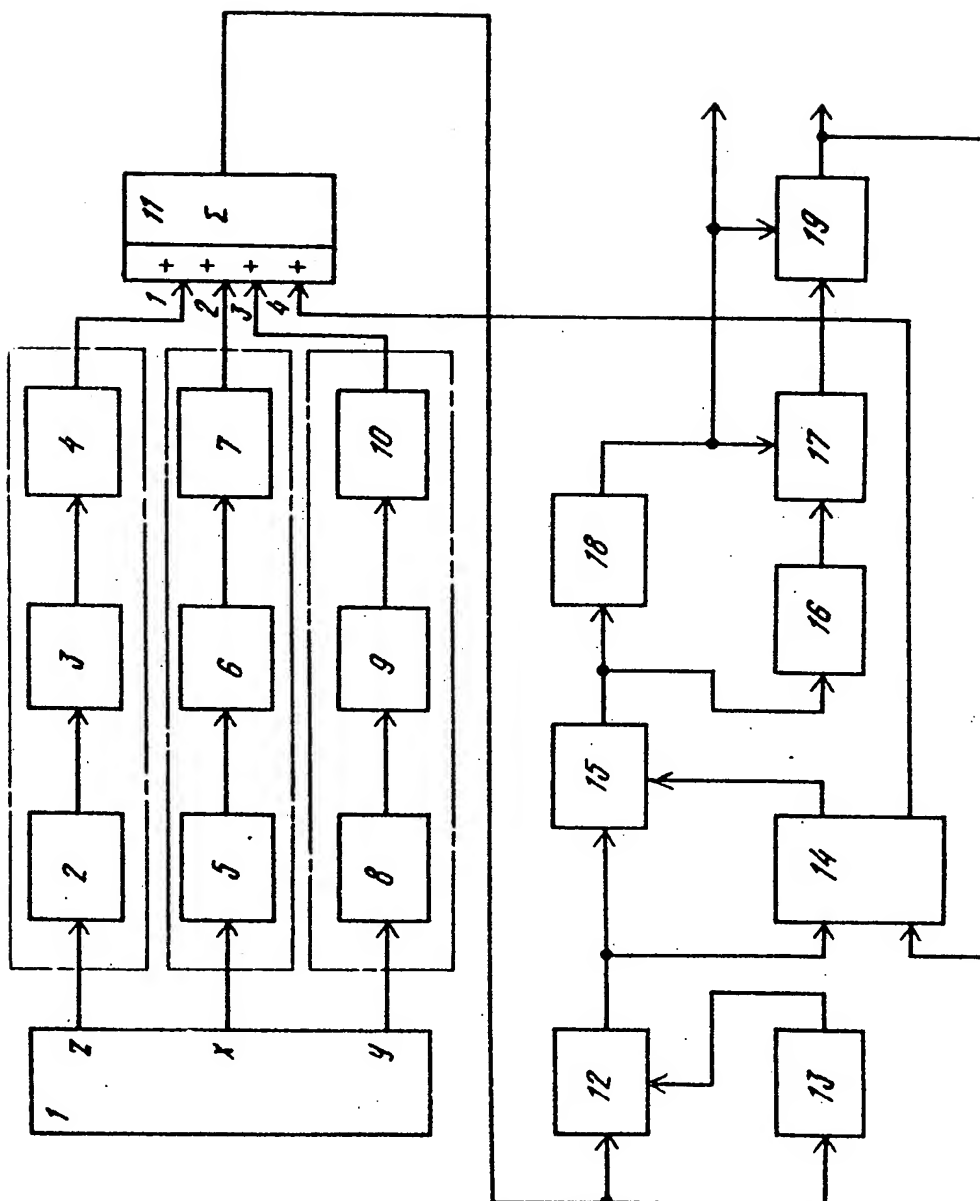
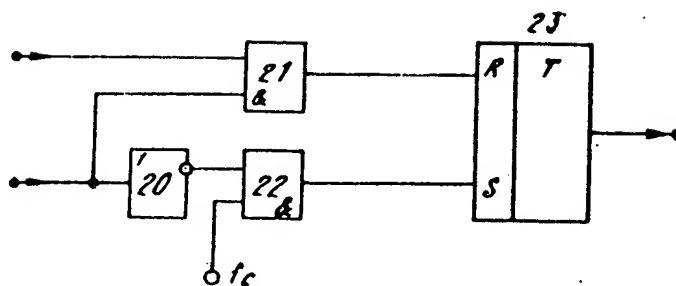
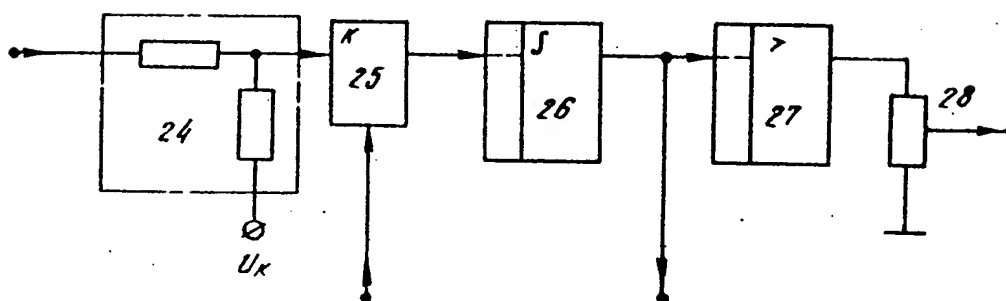


Fig. 1

1000971



Фиг. 2



Фиг. 3

SEDI/ ★ S03 84-080501/13 ★ SU 1022-090-A  
Mineral deposits seismic prospecting - by locating groups of  
seismic receivers at irradiating and receiver bays at set  
distances for independent recording

SEDIN A M 06.04.81-SU-276313

(07.06.83) G01Y-01

06.04.81 as 276313 (918RB)

Method entails using random microseismic oscillations caused by distant earthquakes, wind effects and sea breakers, transport functioning and industrial operations, and recording the microseismic oscillations of average amplitude  $A$ , which after dispersing in the media and reflecting from the investigated horizons is again recorded on the earth surface of the receiving bays. Using seismic receivers of sensitivity  $P$ , a single seismoreceiver will register max. signal amplitude, in irradiating points of  $B_{\max} = A \cdot P \cdot K$ .  $B_{\max} = A \cdot P \cdot K_1$ , where  $K_1$  is a proportionality const., and the weakest wave amplitude  $B_{\min} = K_1 A P / D$ , where  $D$  is the dynamic (natural) reflection range of the wave.

An area of larger radius than the correlation micro seismic radius is selected and the seismic receivers are located at a distance comensurate with the correlation microseismic radius, e.g. twice that radius, so that adjacent receivers are statically independent. The amount of receivers at the irradiating and receiving points are determined, so too are the recording time and frequency range of oscillation w.r.t. the dynamic range of reflection, signal/noise ratio and the seismological properties of the area. For both irradiating and receiving points, the mutual correlations of the signals are calculated and interpreted, using the max. signal of the reference probe receiver. Bul.21/7.6.83 (4pp Dwg.No.0/0)

N84-060043

S3-C1